



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 57 217 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 23 Q 3/157
B 23 C 5/26
B 23 B 31/02

⑦① Aktenzeichen: 199 57 217.8
⑦② Anmeldetag: 27. 11. 1999
④③ Offenlegungstag: 31. 5. 2001

DE 19957217 A1

⑦① Anmelder:
ACTech GmbH Advanced Casting Technologies
Gießereitechnologie, 09599 Freiberg, DE

⑦④ Vertreter:
Borchard, W., Dipl.-Ing. (FH), Pat.-Anw., 04357
Leipzig

⑦② Erfinder:
Wagner, Ralf, 01723 Kesselsdorf, DE; Hauschild,
Rüdiger, 09627 Bobritzsch, DE

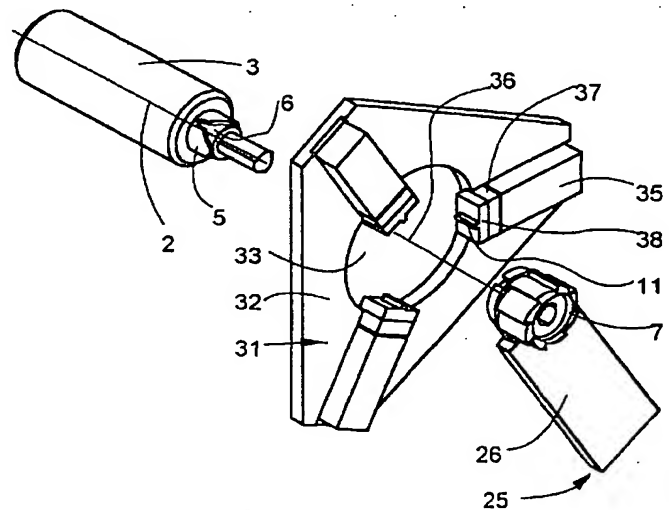
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 42 09 153 C2
DE 40 07 072 A1
WO 98 47 655

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Anordnung zum automatischen Wechsel von Werkzeugen an einer Antriebsspindel von
Bearbeitungsmaschinen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine, die mindestens eine Antriebsspindel mit einer Schnittstelle für ein Werkzeug zum Fräsen oder Bohren aufweist. Um einen automatischen Wechsel von Werkzeugen bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung zu gewährleisten, ist die Antriebsspindel (3) mit einem Führungsabschnitt (5) mit Rastausnehmungen (6) zum formschlüssigen Arretieren der Antriebsspindel (3) in einer definierten Winkelposition versehen. In konzentrischer Form zur Antriebsspindel (3) ist eine Klemmeinrichtung (31) mit Klemmbacken (38) vorgesehen, welche die Rastelemente (11) mit der Gegenkontur zu den Rastausnehmungen (6) zum Arretieren der Antriebsspindel (3) in der vorgegebenen Winkelposition enthalten. Das Werkzeug (7) wird mit einer Greifeinrichtung (25) in Richtung der Achse der Antriebsspindel (3) zugeführt und mit einer definierten coaxialen Drehbewegung (43) entgegen der Schneidrichtung automatisch gekuppelt.
Das Einsatzgebiet der Erfindung ist das mehrseitige Bearbeiten von großen und schweren Werkstücken mit tiefen Konturen, Freiformflächen und Hinterschneidungen, insbesondere das Formstofffräsen für die direkte Herstellung von Formen für Gußteile.



DE 19957217 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungsmaschine, insbesondere eine Werkzeugmaschine zum mehrseitigen Bearbeiten von großen und schweren Werkstücken mit tiefen Konturen, Freiformflächen und Hinterschneidungen, insbesondere zum Formstofffräsen für die direkte Herstellung von Formen für Gußteilen, wobei die Bearbeitungsmaschine mindestens eine Antriebsspindel mit einer Schnittstelle für ein Werkzeug zum Fräsen oder Bohren aufweist und mit einem das Werkzeug beim automatischen Wechsel haltenden Greifer versehen ist.

Bekannt sind Bearbeitungsmaschinen, die für den automatischen Wechsel der Werkzeuge eine Motorspindel mit einem integrierten Spannsystem aufweisen, das durch Federkraft Werkzeuge spannt und durch Pneumatik oder Hydraulik Werkzeuge löst. Eine wichtige Voraussetzung für den automatischen Werkzeugwechsel ist das Vorhandensein einer geeigneten Schnittstelle zwischen dem Werkzeug und der Antriebsspindel. Bekannte Schnittstellen bei Werkzeugmaschinen sind zum einen die Steilkegelaufnahme (SK) und zum anderen die Hohlchaftkegelaufnahme (HSK). Für beide Bauarten gibt es mehrere genormte Baugrößen und Modifikationen. Bei der Steilkegelaufnahme wird über geschliffene kegelförmige Paßflächen durch Einzug des Werkzeughalters in die Spindelwelle ein Reibschluß erzeugt, welcher zur Übertragung des Drehmoments dient. Gleichzeitig wird das Werkzeug in der Spindelwelle über die kegelförmigen Paßflächen zentriert und positioniert.

Weitere Modifikationen der Spannaufnahmen verfügen über Klauen, welche einen zusätzlichen Formschluß zum Übertragen hoher Drehmomente herstellen. Nachteilig ist, daß es bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung infolge der hohen Drehzahlen bei der Fliehkraft zur Aufweitung des Konus kommt, die nach dem Anhalten der Spindel wieder zurückgeht und zu einer Presspassung führt, so daß das Werkzeug nur unter Schwierigkeiten wieder gelöst werden kann.

Kennzeichnend für die HSK-Aufnahmen ist die Plananlage zwischen Werkzeug und Antriebsspindel. Diese Verbindung ist sehr steif und erlaubt sehr hohe Drehzahlen.

Antriebsspindeln mit HSK-Aufnahmen werden deshalb bevorzugt in Maschinen zur Hochgeschwindigkeitsbearbeitung eingesetzt.

Sowohl die SK als auch die HSK-Aufnahmen erfordern einen komplizierten Aufbau der Antriebsspindeln mit einer Hohlwelle und einem Einzugsmechanismus. Die Fertigung einer Spindel für den automatischen Werkzeugwechsel gestaltet sich deshalb sehr kostenintensiv. Gleichzeitig sind die Aktivelemente des Einzugsmechanismus relativ verschleißanfällig. Weiterhin erhöht sich die Masse, der Außendurchmesser und die Länge der Spindel um ca. 30 bis 50% gegenüber einer Spindel mit einem Voll-Wellenquerschnitt. Entsprechend verschlechtert sich das Masse-Leistungsverhältnis des Spindelantriebs.

Bekannt ist des weiteren aus der WO 9847 655 A1 eine Werkzeugmaschine mit einer automatisch arbeitenden Wechselvorrichtung für Bearbeitungswerkzeuge. Die Wechselvorrichtung umfaßt eine Greiferhand und eine Adaptereinrichtung für die Schnittstelle. Die Schnittstelle weist einen Bajonettverschluß auf, der bei Drehung der Werkzeugspindel mit der Adaptereinrichtung mit dem Bajonett verriegelt wird. Für die Steuerung eines automatischen Werkzeugwechsels sind Sensoren erforderlich, die den Aufbau der Wechselvorrichtung aufwendiger gestalten können. Um eine definierte Lage der Antriebsspindel beim Einrasten des Bajonettverschlusses zu ermöglichen, ist eine Regelung für den Antrieb der Spindel erforderlich. Dabei ist das Bearbei-

tungswerkzeug drehfest zwischen den Backen der Greiferhand gehalten. Nachteilig ist, daß ein Bajonettverschluß als Schnittstelle bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung weniger gut geeignet ist. Ein wichtiges Kriterium ist hier die Steifigkeit der Spindel einschließlich der Werkzeugaufnahme sowie die Steifigkeit der bewegten Maschinenteile, was bei den bekannten Maschinenspindeln eine große Masse voraussetzt.

Ganz im Gegensatz dazu fordert die Bearbeitung von komplexen Werkstücken aus leicht zerspanbaren Werkstoffen relativ hohe Vorschubgeschwindigkeiten, wobei hohe Beschleunigungen in den Achsen erforderlich sind. Bei der mehrseitigen Bearbeitung großer Werkstücke in einer Aufspannung sowie bei tiefen Konturen, Freiformflächen und Hinterschneidungen sind außerdem Dreh- und Schwenkachsen erforderlich. Hier sind Masse und Einbauverhältnisse der Antriebsspindel kritische Faktoren. Bei der Bearbeitung derartiger Werkstücke in Verbindung mit einem automatischen Werkzeugwechsel ist der Einsatz der bekannten Antriebsspindeln wegen ihrer relativ großen Masse und ihres großen Platzbedarfs begrenzt.

Die Erfindung bezweckt eine konstruktiv einfache Werkzeugmaschinenanordnung, die einen automatischen Wechsel von Werkzeugen bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung gewährleistet. Darüber hinaus soll die Antriebsspindel wenig Masse aufweisen und einen geringen Platzbedarf erfordern, um eine hohe Leistungsdichte zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Bearbeitungsmaschine durch eine Anordnung mit einer Antriebsspindel gelöst, die am abtriebsseitigen Endabschnitt einen Führungsabschnitt mit Rastausnehmungen zum formschlüssigen Arretieren der Antriebsspindel in einer definierten Winkelposition und endseitig einen Spindelzapfen aufweist, der mit einer Schnittstelle für ein Bearbeitungswerkzeug in Form eines Kreiskeilprofils und mit einer Anzahl von mindestens drei Kreiskeilprofilsegmenten ausgebildet ist.

Mit Hilfe einer in konzentrischer Form zur Drehachse der Antriebsspindel angeordneten Klemmvorrichtung mit Klemmbacken und Rastelementen ist die Antriebsspindel in einer vorgegebenen Winkelposition arretierbar, wobei das Werkzeug mit einer Greifeinrichtung in Richtung der Achse der Antriebsspindel zuführbar und mit einer definierten rotarischen Bewegung entgegen der Schneidrichtung automatisch kuppelbar beziehungsweise mit einer Drehbewegung in Schneidrichtung entkuppelbar ist. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die Spindelwelle der Antriebsspindel als Vollwelle ausgeführt werden, was einen einfachen und raumsparenden Aufbau der Werkzeugmaschine zur Folge hat.

Die vorgeschlagene Lösung einer massensparenden Bauweise eignet sich infolgedessen besonders für die Bearbeitung von großen und schweren Werkstücken mit tiefen Konturen, Freiformflächen und Hinterschneidungen, bei denen es in der Praxis günstiger ist, die Vorschubbewegungen in das Werkzeug zu legen. Dadurch werden hohe Beschleunigungen in den Achsen der Bearbeitungsmaschine möglich, die zu kürzeren Bearbeitungszeiten führen. Die vorgeschlagene Erfindung eignet sich besonders für das Formstoff-Fräsen für die direkte Herstellung von Formen für Gußteile.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist eine nicht lagegeregelte Antriebsspindel zum Zwecke des Festsetzens in dem Führungsabschnitt eine Anzahl von n Rastausnehmungen auf, die im Winkel von $360^\circ/n$ versetzt angeordnet sind. Die Rastausnehmungen sind axial oder radial wirkend, beispielsweise Nuten, Nocken oder Kurven mit prismatischen Führungsflanken, die beim Positionieren mit entsprechenden Rastelementen der Klemmeinrichtung zusammenwirken.

Das Arretieren der Spindel kann auf einfache Weise durch den Vorschub der Bearbeitungsmaschine erreicht werden, wobei die Spindel durch axialen Vorschub im Leerlauf ohne Drehmoment in die Rastposition eingedreht wird. Alternativ kann die Spindel langsam drehend mit kleinem Drehmoment in die Rastposition überführt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Festsetzen der Antriebsspindel in der Rastposition über eine Klemmvorrichtung mit einer Anzahl von synchron bewegbaren Arbeitszylindern, vorzugsweise mit drei Hydraulik- oder Pneumatikzylindern, welche konzentrisch zur Rotationsachse des Werkzeugs und in Umfangsrichtung in einem gleichmäßigen Winkelabstand versetzt angeordnet sind und radial zur Mittelachse der Klemmvorrichtung wirken. Jeder Arbeitszylinder trägt eine Formbacke mit einem Rastelemente, das formschlüssig mit der jeweiligen Rastausnehmung in dem Führungsabschnitt der Antriebsspindel versperren kann. Die Antriebsspindel kann somit auf eine einfache mechanische Art und Weise in einer vorgeschriebenen Lage festgestellt und in die Werkzeugwechselposition gestellt werden.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Antriebsspindel einen Spindeltrieb mit einer Regelung zum Einstellen einer definierten Winkelstellung aufweist. Das Werkzeug ist hierbei mit einer definierten Drehbewegung entgegen der Schneidrichtung automatisch kuppelbar beziehungsweise mit einer Drehbewegung in Schneidrichtung entkuppelbar.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Schnittstelle für die Werkzeugaufnahme des Spindelzapfens die Außenkontur eines Kreiskeilprofils mit Kreiskeilprofilsegmenten aufweist, wobei das Werkzeug eine Nabe mit einer Innenkontur besitzt, die eine an die Außenkontur des Spindelzapfens angepaßte Anzahl von Profilsegmenten mit einem Kreiskeilnutenprofil aufweist. Im Rahmen der Erfindung ist weiter vorgesehen, daß das Werkzeug mit Hilfe des Greifers in Richtung der Drehachse der Antriebsspindel axial zugeführt und gegen die Drehrichtung der Spindelwelle mit einem definierten Drehmoment beaufschlagbar ist.

Die Ausgestaltung der Schnittstelle mit einem Kreiskeilprofil mit Kreiskeilprofilsegmenten hat den Vorteil, daß für die Befestigung des Werkzeuges mit dem Greifer eine geringe Schwenkbewegung ähnlich wie bei einem Bajonettverschluß notwendig ist. Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, daß die Werkzeugaufnahme mit einfachen Mitteln selbstzentrierend ist. Die Bearbeitungsmaschine kann damit bei hohen Drehzahlen schwingungsfrei und mit geringer Unwucht betrieben werden.

Der besondere Vorteil einer Kreiskeilverbindung ist darin zu sehen, daß die Werkzeugaufnahme sich selbsthemmend verkeilt und in radialer sowie in axialer Richtung Kräfte übertragen werden können.

Beim automatischen Bearbeiten von Werkstücken kann das Werkzeug mit einer Greifeinrichtung in Richtung der Achse der Antriebsspindel zugeführt und mit einer definierten coaxialen Drehbewegung automatisch gekuppelt oder entkuppelt werden. Schließlich kann die Greifeinrichtung in die Klemmeinrichtung integriert werden. Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist ein Wechselgreifer vorgesehen, wobei die Mitnehmer des Drehantriebes der Spannvorrichtung formschlüssig in das Formsegment des Werkzeugs ein-kuppeln und dieses während des Arretierens und beim Lösevorgang mit einem Drehmoment beaufschlagen.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die zu dem Ausführungsbeispiel gehörenden Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 die Motorspindel einer Bearbeitungsmaschine,

Fig. 2 die Antriebsspindel mit Klemmvorrichtung und dem Greifer mit dem Werkzeug,

Fig. 3 die Anordnung gemäß Fig. 2 nach dem Werkzeugwechsel,

Fig. 4 die Anordnung nach Fig. 2 in Rastposition der Antriebsspindel,

Fig. 5 die Anordnung nach Fig. 2 beim Ankuppeln des Werkzeugs,

Fig. 6 die Seitenansicht einer Werkzeugausführung,

Fig. 7 die perspektivische Ansicht des in Fig. 6 in der Seitenansicht gezeigten Werkzeugs,

Fig. 8 eine Klemmbacke mit Rastnase,

Fig. 9 eine Klemmbacke mit Rastbolzen,

Fig. 10 die Seitenansicht eines Werkzeughalters für kleine Bearbeitungswerkzeuge und

Fig. 11 eine perspektivische Darstellung des Werkzeughalters gemäß Fig. 10 in schematischer Darstellung.

Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine Motorspindel 1 mit einer um eine Drehachse 2 angetriebene Antriebsspindel 3, die aus dem Spindelgehäuse herausgeführt ist. Die Antriebsspindel 3 ist an ihrem abtriebsseitigen Endabschnitt 4 mit einem Führungsabschnitt 5 mit Rastausnehmungen 6 versehen, die zum formschlüssigen Arretieren der Antriebsspindel 3 in einer definierten Winkelposition vorgesehen sind. Die definierte Winkelposition ist erforderlich, um ein Bearbeitungswerkzeug, nachfolgend Werkzeug 7, in einer ebenfalls vorgeschriebenen Lage mit der Antriebsspindel 3 fügen zu können. Die Antriebsspindeln 3 werden im wesentlichen nach zwei unterschiedlichen Ausführungen unterschieden, wobei die eine Ausführung mit einer Regelung des Spindeltriebs zum Einstellen einer definierten Winkelstellung versehen ist. Bei der lageregelten Antriebsspindel 3 wird die Position der Spindelwelle für den Werkzeugwechsel in die speicherprogrammierbare Steuerung der Maschine programmiert, wobei beim Werkzeugwechsel die Antriebsspindel 3 stets in die entsprechende Position eindreht und mit vollem Drehmoment gehalten wird. Bei einer wesentlich kostengünstigeren Antriebsspindel 3, die keine Lageregelung besitzt, ist es erforderlich, die Winkelposition mit mechanischen Mitteln einzustellen.

Zum Festsetzen der Antriebsspindel 3 weist der Führungsabschnitt 5 der Antriebsspindel 3 eine Anzahl n im gleichmäßigen Winkelabstand auf der Mantelfläche versetzt angeordnete axial oder radial wirkende Rastausnehmungen 6, wie Nuten, Nocken oder Kurven mit prismatischen Führungsflanken auf. Die in Fig. 1 erkennbare Rastausnehmung 6 weist eine Nut 8 mit keilförmig divergierenden Flanken 9 auf, die zur Führung eines Rastelements 11 dienen, das in Fig. 8 und Fig. 9 dargestellt ist. Das Rastelement 11 kann durch eine Rastnase 12 in Fig. 8 oder einen Rastbolzen 13 in Fig. 9 gebildet werden.

Der Führungsabschnitt 5 der Antriebsspindel 3 in Fig. 1 wird durch eine wellenabsatzförmige Plananlage 14 begrenzt. In Axialrichtung endseitig ist die Antriebsspindel 3 mit einem Spindelzapfen 15 versehen, der mit einer Schnittstelle für das Werkzeug 7 ausgebildet ist. Das in Fig. 7 beispielhaft ausgeführte Werkzeug 7 weist ein Schneidenteil 16 und ein Nabenteil 17 mit einer über die Breite des Schneidenteils 16 hinausragenden Nabenhülse 18 auf. Die Nabenhülse 18 ist auf der Außenseite mit einer umlaufenden Ringnut 19 versehen, was in Fig. 6 deutlich erkennbar ist. Durch die Ringnut 19 wird ein Ringbund 21 gebildet, der im Bereich seiner Stirnseite mit einem axial angeordneten Formelement 23 in Umfangsrichtung unterbrochen wird. Das Formelement 23 kann eine U-förmige Ausnehmung 23' aufweisen, deren Innenflächen 22 leicht konisch gestaltet sind. Rechtwinklig zur Längsrichtung des Ringbundes 21 ist die Nabenhülse 18 mit einer Planfläche 24 abgeschlos-

sen, die an der in Fig. 1 gezeigten Plananlage 14 der Antriebsspindel 3 zur Anlage kommt, wenn das Werkzeug 7 mit der Antriebsspindel 3 gekuppelt ist.

Zum Ankuppeln des Werkzeugs 7 ist eine Greifeinrichtung 25 mit einem Greifarm 26 vorgesehen, was in Fig. 2 und Fig. 3 abgebildet ist. In Fig. 3 ist die Greiferhand 27 mit Greifklauen 28 erkennbar, die in die Ringnut 19 eingreifen. Seitlich der Greifklauen 28 sind Greiffinger 29 erkennbar, die in U-förmige Ausnehmung 23' eingreifen, die im Ringbund 21 der Nabenhülse 18 angeordnet ist. Aus der angegebenen Darstellung ergibt sich, daß auf diese Weise das Werkzeug 7 und die Antriebsspindel 3 in einer definierten Winkelposition beim Werkzeugwechsel gehalten sind, wenn die Rastelemente 11 der Klemmvorrichtung 31 in die Rastausnehmungen 6 der Antriebsspindel 3 und die Greiffinger 29 der Greifeinrichtung 25 in die U-förmige Ausnehmung 23' des Werkzeugs 7 eingreifen. Fig. 2 zeigt die Greifeinrichtung 25 vor dem Werkzeugwechsel, während Fig. 3 die Greifeinrichtung 25 nach dem Werkzeugwechsel zeigt.

Im umgekehrten Sinn zeigt Fig. 3 die Greifeinrichtung 25 vor der Entnahme des Werkzeugs 7 aus der Antriebsspindel 3 beziehungsweise Fig. 2 die Entnahme des Werkzeugs 7, was mit ein und derselben Greifeinrichtung 25 vorgenommen werden kann.

Aus der gezeigten Darstellung wird außerdem deutlich, daß die Entnahme des Werkzeugs 7 aus der Antriebsspindel 3 eine definierte Winkelstellung erforderlich macht, damit die Greiffinger 29 der Greifeinrichtung 25 in das Formelement 23 eingreifen können. Wenn die Antriebsspindel 3 nicht mit der oben erwähnten Regelung für die Lage ausgerüstet ist, wird eine Klemmeinrichtung 31 vorgesehen, die anhand von Fig. 2 näher erläutert werden soll. Die Klemmeinrichtung 31 weist auf einer Halteplatte 32 eine Durchgangsöffnung 33 auf, die konzentrisch zur der Drehachse 2 der Antriebsspindel 3 beziehungsweise der Rotationsachse des Werkzeugs 7 angeordnet ist. In konzentrischer Form zur Drehachse 2 der Antriebsspindel 3 ist eine Anzahl von synchron betätigbaren Arbeitszylindern 35 angeordnet.

Als Arbeitszylinder 35 werden vorzugsweise Hydraulik- oder Pneumatikzylinder eingesetzt, welche in Umfangsrichtung in einem gleichmäßigen Winkelabstand versetzt angeordnet sind und radial zur Mittelachse 36 der Klemmeinrichtung 31 wirken. Die Arbeitskolben 37 sind jeweils mit einer Klemmbacke 38 ausgerüstet, die mit einem Rastelement 11 versehen ist. Das Rastelement 11 ist in der gezeigten Darstellung eine Rastnase 12, welche eine etwas geringere Breite wie die in Fig. 1 gezeigte Nut 8 in dem Führungsabschnitt 5 der Antriebsspindel 3 aufweist.

Um einen Werkzeugwechsel vornehmen zu können, befindet sich die Klemmeinrichtung 31 mit der Durchgangsöffnung 33 in konzentrischer Lage zur Drehachse 2 der Antriebsspindel 3, wie in Fig. 4 dargestellt. Die Arbeitskolben 37 der Arbeitszylindern 35 werden in die pfeilmäßig gekennzeichnete Kolbenrichtung 39 durch Betätigen der Arbeitszylindern 35 bis auf die Tiefe der Nut 8 in der Antriebsspindel 3 vorgeschoben und in dieser Stellung gehalten. Anschließend oder simultan wird der durch den Vorschubpfeil 41 verdeutlichte Vorschub der Antriebsspindel 3 in Betrieb genommen. Dadurch erfolgt gleichzeitig eine gegenseitige axiale und radiale Annäherung der Rastausnehmung 6 mit den Rastelementen 11, die durch die divergierenden Nutflanken 9 bis zum Einrasten der Rastnase 12 in die Nut 8 geführt werden.

Das Eindrehen der Antriebsspindel 3 in die Raststellung kann somit einfach durch axialen Vorschub im Leerlauf ohne Drehmoment der Werkzeugmaschine vorgenommen werden. Soweit erforderlich kann die Antriebsspindel 3 langsam drehend mit kleinem Drehmoment bewegt werden,

wobei eine Endabschaltung erforderlich ist.

Nach dem Einfahren der Antriebsspindel 3 können in der Raststellung die zum Werkzeugwechsel erforderlichen Drehmomente übertragen werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Werkzeugmaschinen, wird das Drehmoment nicht mit der Antriebsspindel 3, sondern mit der Greifeinrichtung 25 für das Werkzeug 7 bewerkstelligt, wodurch das Drehmoment wesentlich einfacher regelbar und einstellbar ist. Eine übermäßige Beanspruchung der Werkzeugwechselvorrichtung ist aus diesem Grunde ausgeschlossen.

Zum Werkzeugwechsel wird das Werkzeug 7 mit der Greifeinrichtung 25 gemäß Fig. 4 in die pfeilmäßig gekennzeichnete Achsrichtung 42 der Antriebsspindel 3 zugeführt, bis mit der Planfläche 24 des Werkzeugs 7 die Plananlage 14 der Antriebsspindel 3 erreicht ist, was in Fig. 5 zeichnerisch verdeutlicht ist. Das automatisch Kuppeln des Werkzeugs 7 erfolgt mit einer definierten Drehbewegung 43 entgegen der Schneidrichtung beziehungsweise mit einer Drehbewegung 44 in Schneidrichtung, wenn das Werkzeug 7 abzukuppeln ist. Die zum Kuppeln erforderlichen Drehmomente werden hierbei nicht durch die Antriebsspindel 3 übertragen, sondern mit der Greifeinrichtung 25 vorgegeben, was insbesondere bei kleinen Spindelabmessungen von Bedeutung ist. Die Antriebsspindel 3 kann somit eine leichte Bauweise und eine geringe Masse aufweisen.

Um eine drehfeste Vereinigung der Antriebsspindel 3 mit dem Werkzeug 7 zu gewährleisten, ist diese an ihrem abtriebsseitigen Endabschnitt 4 mit einem Spindelzapfen 15 versehen, der als Schnittstelle für das Werkzeug 7 ausgebildet ist. Die Schnittstelle des Spindelzapfens 15 weist die Außenkontur eines Kreiskeilprofils 45 mit mindestens drei Kreiskeilprofilsegmenten 46 in Umfangsrichtung auf, was in Fig. 1 erkennbar ist. Das in Fig. 7 gezeichnete Werkzeug 7 weist in der Nabenbohrung 47 eine Innenkontur mit mindestens drei Kreiskeilnutsegmenten 48 auf, die aus Kreiskeilnuten 49 gebildet sind. Eine Kreiskeilverbindung ist an sich bekannt und braucht an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden.

Die Kreiskeilverbindung mit Kreiskeilprofilsegmenten 46, 48 hat den Vorteil, daß das Werkzeug 7 mit Hilfe des Greifarms 26 gegen oder in Drehrichtung der Antriebsspindel 3 mit einer Rotationsänderung in einem Winkelbereich kleiner als 120° kuppelbar und mit einem definierten Drehmoment beaufschlagbar ist. Eine Vereinfachung der Anordnung zum Werkzeugwechsel kann dadurch erreicht werden, daß die Klemmeinrichtung 31 und die Greifeinrichtung 25 in einen gemeinsamen Wechselgreifer integriert sind, was zeichnerisch nicht weiter ausgeführt ist.

Der Werkzeugwechsel kann bei einer Werkzeugmaschine auf kleinstem Raum bei geringer Baugröße realisiert werden. Neben der konstruktiven Vereinfachung und der Leistungssteigerung zeichnet sich die Erfindung durch eine Unempfindlichkeit gegenüber nicht-schmierenden oder abrasiv wirkenden Bearbeitungsrückständen aus, die insbesondere bei der Bearbeitung von Formstoffen bei der Herstellung von Formen für die Produktion von Gußteilen entstehen können. Damit bei kleiner Baugröße und geringem Gewicht Werkzeuge 7 mit geringen Werkzeugabmessungen eingesetzt werden können, ist ein in Fig. 11 gezeichneter Werkzeughalter 51 vorgesehen, der mit einer Nabe 52 und einer im oberen Teil der Nabe 52 umlaufenden Ringnut 19 ausgebildet ist, wobei die Ringnut 19 mit einem Formelement 23 in der oben beschriebenen Weise unterbrochen ist. Die Innenkontur der Nabe 52 ist mit den Kreiskeilnutsegmenten 48 ausgebildet. In Werkzeugrichtung weist der Werkzeughalter 51 nach Fig. 10 einen Hohlenschaft 53 zur Aufnahme eines Werkzeugschaftes 54 auf, der in der vorliegenden Zeichnung strichpunktiert angedeutet ist. Mit Hilfe des Werk-

zeughalters 52 können sehr kleine Werkzeuge 7 mittels der Greifeinrichtung 25 in den automatischen Werkzeugwechsel einbezogen werden. Dadurch kann der Werkzeugwechsel von Hand vermieden werden.

Patentansprüche

1. Anordnung zum automatischen Wechsel von Werkzeugen an einer Antriebsspindel einer Bearbeitungsmaschine, insbesondere einer Werkzeugmaschine zum mehrseitigen Bearbeiten von großen und schweren Werkstücken mit tiefen Konturen, Freiformflächen und Hinterschneidungen, vorzugsweise zum Formstofffräsen für die direkte Herstellung von Formen für Gußteile, wobei die Bearbeitungsmaschine mindestens eine Antriebsspindel mit einer Schnittstelle für ein Werkzeug zum Fräsen oder Bohren aufweist und mit einem das Werkzeug beim automatischen Wechsel haltenden Greifer versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebsspindel (3) an ihrem abtriebsseitigen Endabschnitt (4) einen Führungsabschnitt (5) mit Rastausnehmungen (6) zum formschlüssigen Arretieren der Antriebsspindel (3) in einer definierten Winkelposition aufweist und mit einer Plananlage (14) für das Werkzeug (7) sowie in Axialrichtung endseitig mit einem Spindelzapfen (15) versehen ist, der mit einer Schnittstelle für ein Bearbeitungswerkzeug (7) ausgebildet ist, wobei in konzentrischer Form zur Achse der Antriebsspindel (3) eine Klemmeinrichtung (31) mit Klemmbacken (38) vorgesehen ist, welche die Rastelemente (11) mit der Gegenkontur zu den Rastausnehmungen (6) zum Arretieren der Antriebsspindel (3) in der vorgegebenen Winkelposition enthalten, wobei das Werkzeug (7) mit einer Greifeinrichtung (25) in Richtung der Achse der Antriebsspindel (3) zuführbar und mit einer definierten coaxialen Drehbewegung (43) entgegen der Schneidrichtung automatisch kuppelbar beziehungsweise mit einer Drehbewegung (44) in Schneidrichtung bei einem Winkel unter 120° entkuppelbar ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer nicht lagegeregelten Antriebsspindel (3) zum Zwecke des Festsetzens der Führungsabschnitt (5) der Spindelwelle n im Winkel von $360^\circ/n$ versetzt angeordnete axial oder radial wirkende Rastausnehmungen (6), wie Nuten, Nocken oder Kurven mit prismatischen Führungsflanken (9) angeordnet sind, die zur Drehmoment-Übertragung und beim Positionieren mit entsprechenden Klemmbacken (38) mit Rastelementen (11) zusammenwirken, wobei das Eindrehen der Antriebsspindel (3) durch axialen Vorschub im Leerlauf ohne Drehmoment oder langsam drehend mit kleinem Drehmoment ausführbar ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Festsetzen der Antriebsspindel 3 über eine Klemmeinrichtung (31) mit einer Anzahl von synchron bewegbaren Arbeitszylindern (35), vorzugsweise mit drei Hydraulik- oder Pneumatikzylindern erfolgt, welche konzentrisch zur Rotationsachse (34) des Werkzeugs (7) und in Umfangsrichtung in einem gleichmäßigen Winkelabstand versetzt angeordnet sind und radial zur Mittelachse (36) der Klemmeinrichtung (31) wirken, wobei jeder Arbeitszylinder (35) eine Klemmbacke (38) trägt.
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsspindel (3) einen Spindeltrieb mit einer Regelung zum Einstellen einer definierten Winkelstellung aufweist und an ihrem abtriebsseitigen Endabschnitt (4) mit einer Plananlage (14) für das

Werkzeug (7) sowie in Axialrichtung mit einem Spindelzapfen (15) versehen ist, der mit einer Schnittstelle für ein Bearbeitungswerkzeug (7) ausgebildet ist, wobei das Werkzeug (7) mit einer Greifeinrichtung (25) in Richtung der Achse der Antriebsspindel (3) zuführbar und mit einer definierten Drehbewegung (43) entgegen der Schneidrichtung automatisch kuppelbar beziehungsweise mit einer Drehbewegung (44) in Schneidrichtung entgegen dem Drehmoment der Spindeltriebs entkuppelbar ist.

5. Anordnung nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei der lagegeregelten Antriebsspindel (3) die Position der Spindelwelle für den Werkzeugwechsel in die speicherprogrammierbare Steuerung der Maschine programmierbar ist, wobei beim Werkzeugwechsel die Antriebsspindel (3) stets in die entsprechende Position eindrehet und mit vollem Drehmoment gehalten wird.

6. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittstelle für die Werkzeugaufnahme des Spindelzapfens (15) die Außenkontur eines Kreiskeilprofils (45) mit mindestens drei Kreiskeilprofilsegmenten (45) in Umfangsrichtung aufweist, wobei das Werkzeug (7) ein Nabenteil (17) mit einer Innenkontur besitzt, die eine an die Außenkontur des Spindelzapfens (15) angepaßte Anzahl von Kreiskeilnutsegmenten (48) aufweist, wobei das Werkzeug (7) mit Hilfe des Greifarms (26) gegen oder in Drehrichtung der Antriebsspindel (3) mit einer Rotationsänderung in einem Winkelbereich kleiner als 120° gegenüber der Antriebsspindel (3) verdrehbar und mit einem definierten Drehmoment beaufschlagbar ist.

7. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittstelle des Werkzeugs (7) als Nabenteil (17) ausgebildet ist, deren Innenkontur mit mindestens drei Kreiskeilnutsegmenten (48) mit Kreiskeilnuten (49) ausgebildet ist.

8. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (7) einen Ringbund (21) mit einer Planfläche (24) enthält.

9. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (7) im Ringbund (21) oder in Verlängerung des Nabenteils (17) mit einer Ringnut (19) für den Wechselgreifer und mit Formelementen (23) für die Positionierung und Übertragung von Drehmomenten versehen ist.

10. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die KlemmVorrichtung (31) in einen Wechselgreifer integriert ist, wobei die Mitnehmer des Drehantriebes der Spannvorrichtung formschlüssig in das Formsegment des Werkzeugs (7) einkuppeln und dieses während des Arretierens und beim Lösevorgang mit einem Drehmoment beaufschlagbar ist.

11. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsspindel (3) als Vollwelle ausgeführt ist.

12. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle des Werkzeugs (7) ein Werkzeughalter (51) vorgesehen ist, der mit einer adäquaten Schnittstelle für den Spindelzapfen (15) ausgebildet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (STC)

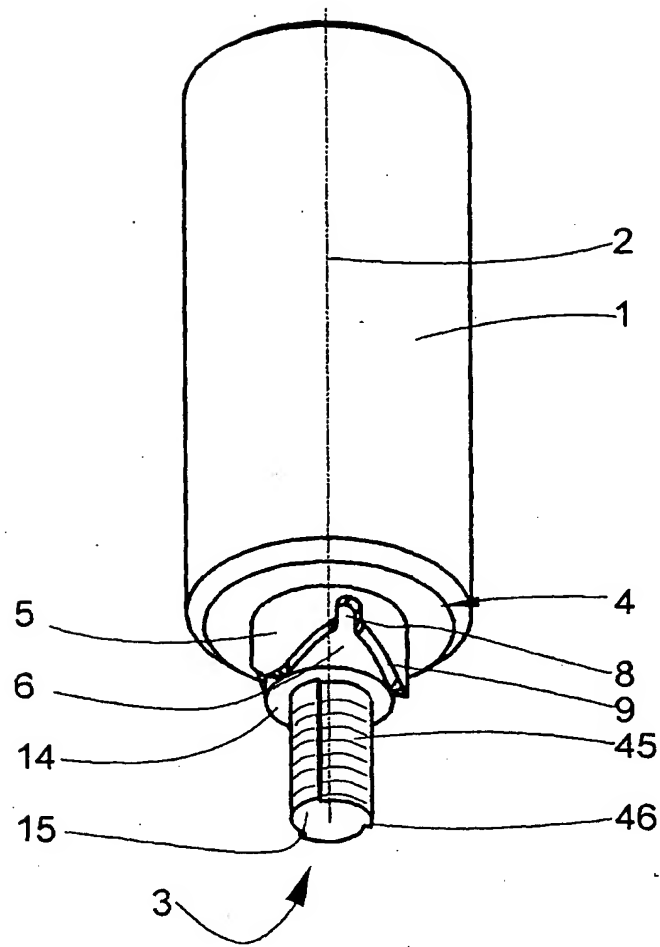


FIG. 1

THIS PAGE BLANK (CSFTO)

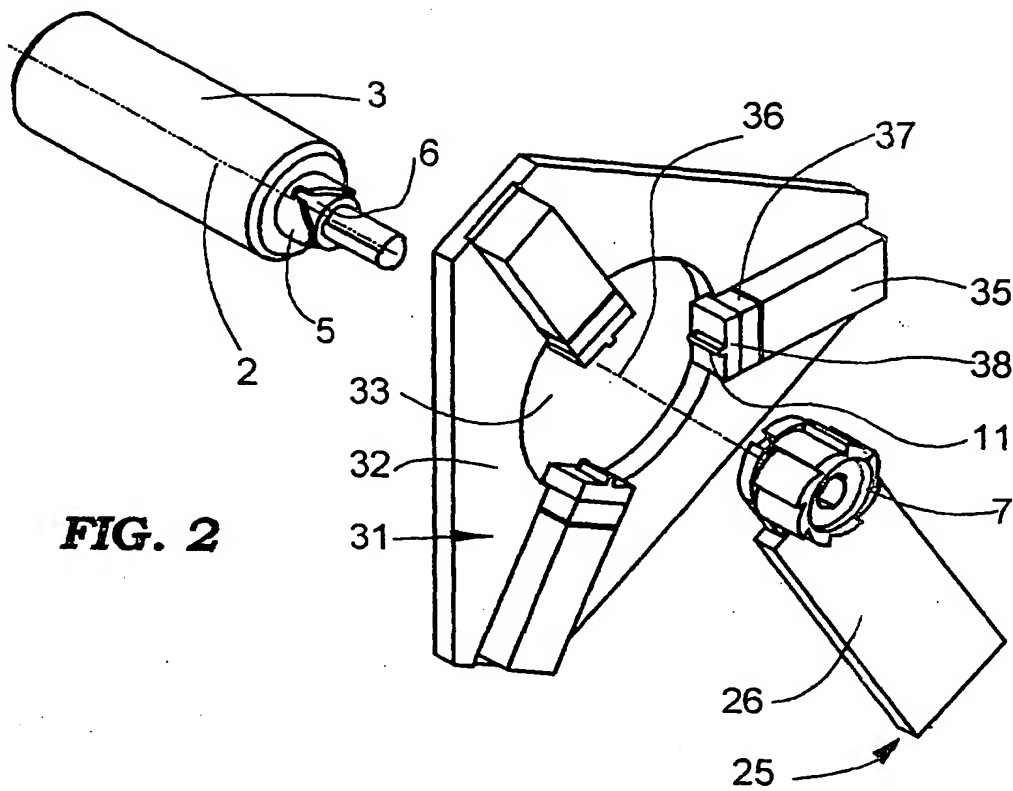


FIG. 2

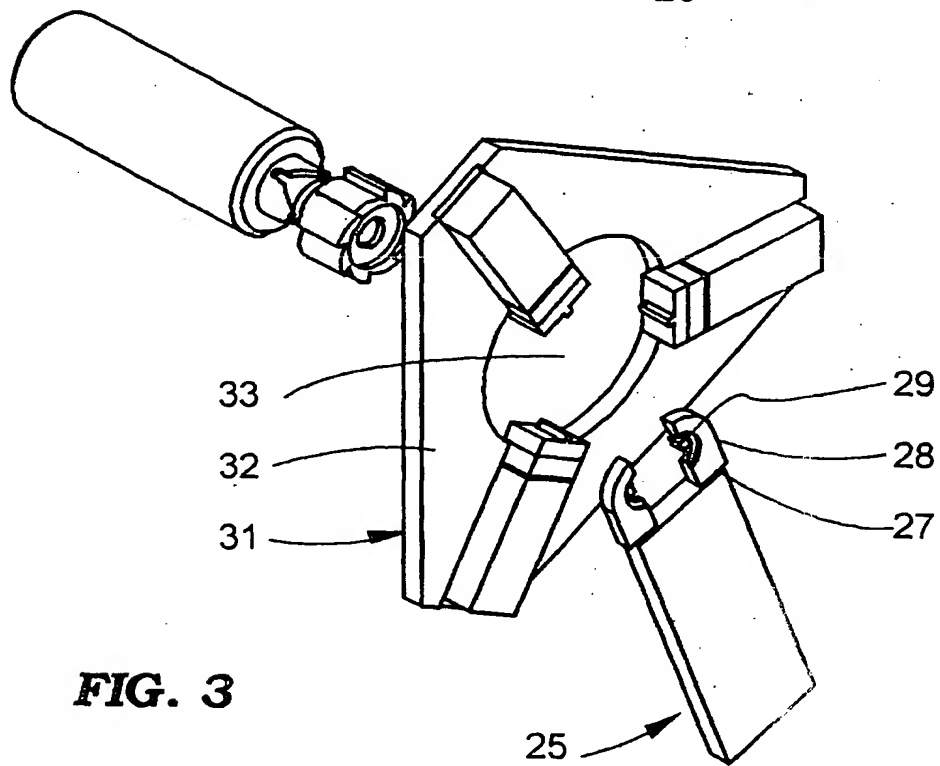
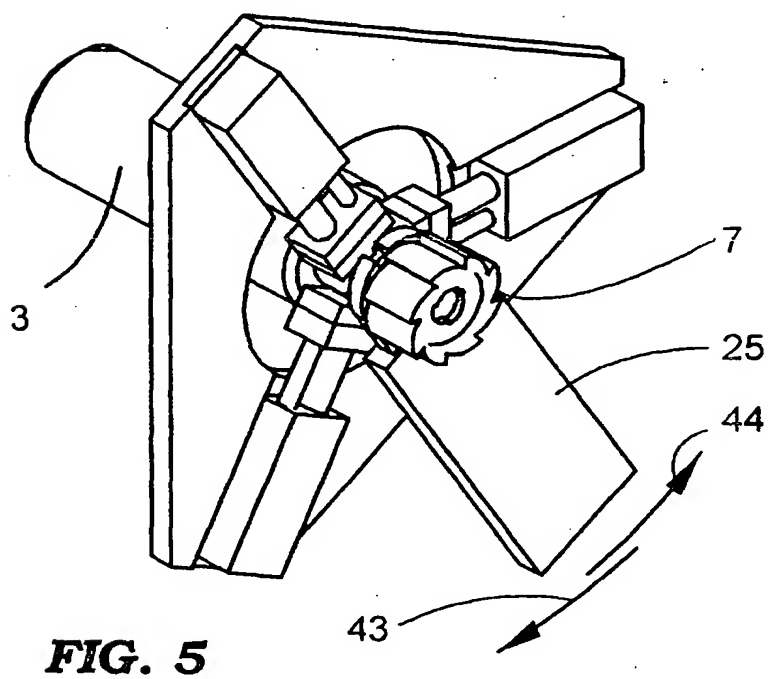
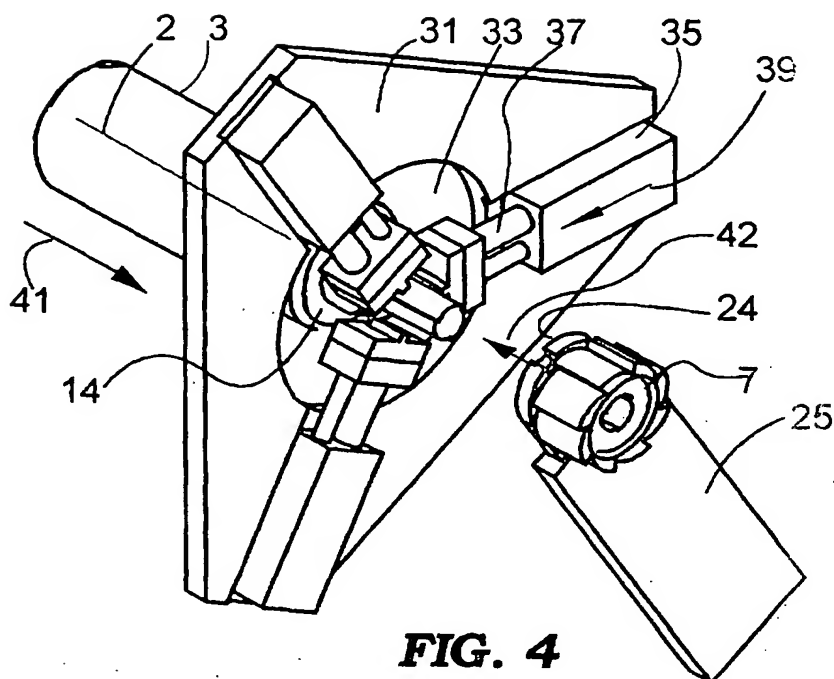


FIG. 3

THIS PAGE BLANK (5/20)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

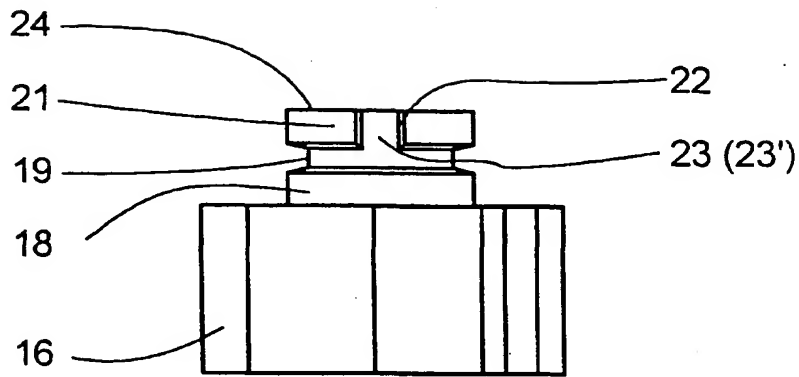


FIG. 6

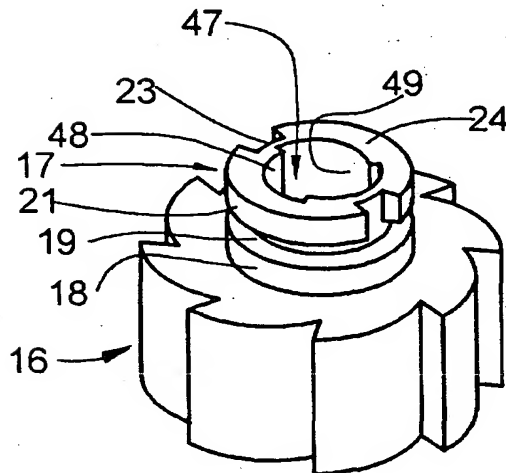


FIG. 7

THIS PAGE BLANK (USPTO)

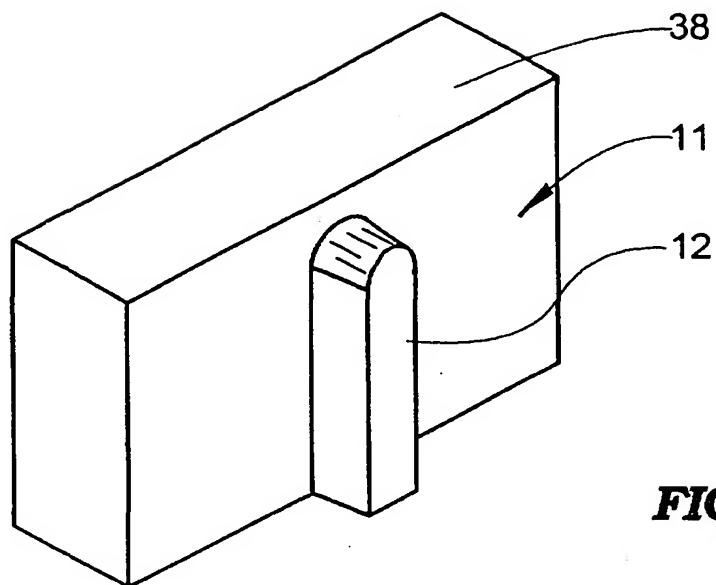


FIG. 8

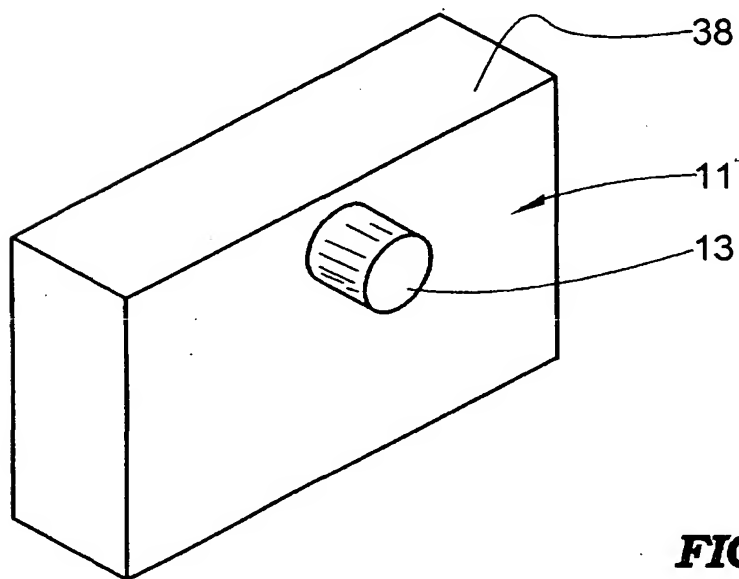


FIG. 9

THIS PAGE BLANK (USPTO)

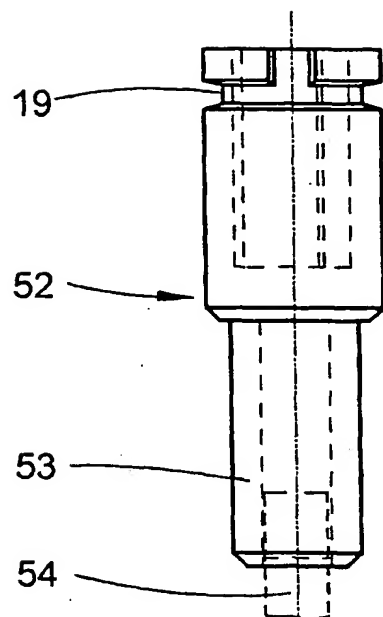


FIG. 10

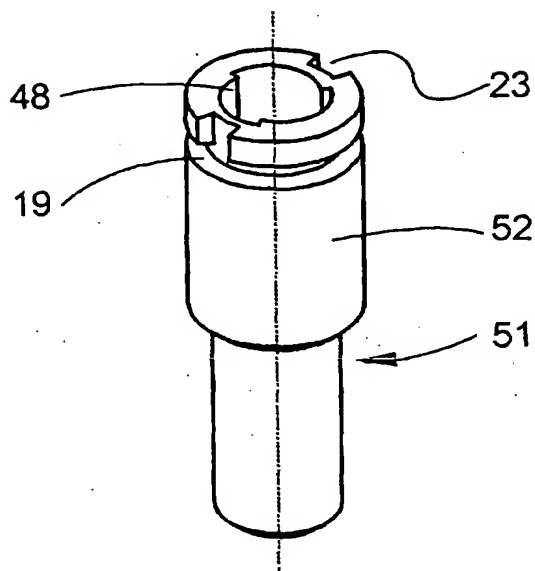


FIG. 11

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)